
***Phlebiopsis gigantea* skujkoku celmu bioloģiskajā aizsardzībā pret *Heterobasidion annosum* s.l. izraisīto sakņu trupi – literatūras apskats**

*Kristīne Kenigvalde*¹, *Jānis Donis*¹, *Kari Korhonen*², *Tālis Gaitnieks*^{1*}

Kenigvalde, K., Donis, J., Korhonen, K., Gaitnieks, T. (2011). Biological control of *Heterobasidion* root rot of coniferous stumps by *Phlebiopsis gigantea* – literature review. *Mežzinātne* 23(56): 25-40.

Kopsavilkums. Sakņu piepe *Heterobasidion annosum* s.l. izraisa sakņu trupi, kas īpaši izplatīta skujkoku audzēs. Sēnes izplatību veicina pēc mežizstrādes atstātie svaigie celmi, kas viegli var inficēties ar *H. annosum* sporām. Apstrādājot celmus ar bioloģiskajiem vai ķīmiskajiem preparātiem, ir ierobežojama celmu inficēšanās ar *H. annosum*. Bioloģisko preparātu izmantošanu nosaka celmus kolonizējošo sēņu sugu antagonisms un konkurence par substrātu. Lielā pergamentsēne *Phlebiopsis gigantea* ir vienīgā sakņu piepes ierobežošanai komerciāli pielietotā sēne. Eiropā plaši izmanto Somijā izstrādāto preparātu “Rotstop”, kas nodrošina priežu celmu aizsardzību pret *H. annosum*, bet ir mazāk efektīvs egļu celmu aizsardzībai. Minētais preparāts lietošanai Latvijā reģistrēts 2007. gadā, un to izmanto krājas kopšanas cirtēs. No 2006. gada Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā “Silava” tiek veikti pētījumi, lai perspektīvā celmu aizsardzībai izmantotu preparātu, kura sastāvā būtu *P. gigantea* Latvijas izolāti.

Nozīmīgākie vārdi: *Phlebiopsis gigantea*, sakņu trupe, bioloģiskā aizsardzība, celmi.

•••

Kenigvalde, K.¹, Donis, J.¹, Korhonen, K.², Gaitnieks, T.^{1*} **Biological control of *Heterobasidion* root rot of coniferous stumps by *Phlebiopsis gigantea* – literature review.**

Abstract. *Heterobasidion annosum* s. l. causes root and butt rot of conifer and to a lesser extent of deciduous trees. In Latvia, direct losses caused by *H. annosum*, as reduced quality of spruce wood, are estimated to be as high as 750 LVL ha⁻¹. Fresh conifer stumps right after felling provide a good substrate for airborne spores and favour the spread of *H. annosum*. It is possible to reduce the spore infection of stumps by ca. 90% or more by treating fresh stump surfaces with biological or chemical protection agents, most

¹ LVMI Silava, Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija; *e-pasts: talis.gaitnieks@silava.lv/
Latvian State Forest Research Institute “Silava”, Rīga str. 111, Salaspils, LV-2169, Latvia,

*e-mail: talis.gaitnieks@silava.lv

² Somijas Meža pētīšanas institūts „Metla”, Jokiniemenkuja 1, P.O.Box 18, FI-01301, Vantaa, Somija/
Finnish Forest Research Institute “Metla”, Jokiniemenkuja 1, P.O.Box 18, FI-01301, Vantaa, Finland

commonly used chemical agent is 30% urea solution. Biological control is based on antagonism and competition between the organisms living in stumps. Currently, wood-decaying fungus *Phlebiopsis gigantea* is the only commercially used biological control agent against *Heterobasidion* root rot. *P. gigantea* colonises the stump surface and prevents its infection by *H. annosum* spores. *P. gigantea* is a fairly common fungus in conifer forests, and a number of genetically different strains of this fungus can occur in the same stumps.

Different commercial preparations of *P. gigantea* are used in the European Union: Rotstop® in Fennoscandia, PG suspension® in the UK, 'PG IBL' in Poland and Rotex® in Germany.

Rotstop provides good protection against *H. annosum* in pine stumps but is less effective in spruce ones. Its efficacy in different stump treatment experiments carried out in Latvia was 20-79% for spruce and 54-100% for pine. The preparation Rotstop was registered in Latvia in 2007 for treating pine and spruce stumps. Its use costs 0.27-0.82 LVL m³, depending on tree diameter. The preparation costs make up 54% of the total costs of treatment.

Stump treatment has a variety of economical and ecological benefits. In Latvia, the incidence of root rot in spruce stands increases with the stand age: in 41-60, 61-80, and 81-100 year-old stands the incidence is 15.7%, 21.7%, and 24.5%, respectively. According to the estimates, providing the current silvicultural methods continue to be used, in future the incidence of root rot is expected to increase 1.38 times while the stands shift from the age class of 41-60 to that of 61-80 years, and again 1.13 times till the cutting age (81-90 years). Assuming that the decay frequency of spruce at the age of 41 years is 15.7% and the efficiency of stump treatment with Rotstop is 80%, the decay frequency at the time of final felling will be 17.3% in case the stumps are treated, and 24.5% without treatment. Costs of treatment during thinning operation are 39 LVL ha⁻¹. Assuming that the time of investment is 40 years, the reduction of losses is 750 LVL ha⁻¹ ($750 \text{ LVL} \cdot 17.3 \div 24.5 = 200 \text{ LVL ha}^{-1}$), which makes approximately 4.4% rate of return.

Earlier research has shown that the Rotstop has no significant effect on the environment. However, from the point of view of biological diversity, it is better to use the native strains of *P. gigantea* in biological preparations.

As the field experiments of stump treatment are laborious the preliminary testing of *P. gigantea* strains was carried out in laboratory. Unfortunately, the results obtained in laboratory tests do not always correlate with those in forest. However, some essential characteristics of *P. gigantea* strains can be tested in laboratory. For instance, abundant spore production is important for effective formulation of the preparation. Besides, one of the most important characteristics

of an effective *P. gigantea* strain is its growth rate in wood which can be tested in laboratory.

Since 2006, experimental work is carried in the Latvian State Forest Research Institute „Silava” to find the native isolates of *P. gigantea* that could be used for stump treatment in Latvia. Results obtained in this research show that some of the Latvian *P. gigantea* strains are as effective as the Rotstop strain.

During evaluation of the growth rate of *P. gigantea* in wood, new method was developed that allows screening up to 15 strains in the same piece of log.

Key words: *Phlebiopsis gigantea*, root rot, stump treatment, biological control.

Кенигсвалде, К.³, Донис, Я.³, Корхонен, К.⁴, Гайтниецс, Т.^{3*} **Использование *Phlebiopsis gigantea* для биологической защиты пней от инфицирования корневой губкой – обзор литературы.**

Резюме. Корневая губка *Heterobasidion annosum* s.l. вызывает корневую гниль у древесных растений. Распространению болезни в хвойных лесах способствуют свежесрубленные пни, которые инфицируются спорами гриба, поэтому своевременная их обработка биологическими и химическими препаратами может предотвратить заражение корневой губкой. Применение биологических препаратов основывается на межвидовом антагонизме и конкуренции за субстрат. Флебиопсис гигантский – *Phlebiopsis gigantea* – единственный гриб, коммерчески используемый для ограничения распространения корневой губки. В Европе широко применяется финский препарат «Rotstop», который обеспечивает защиту сосновых пней от инфицирования *H. annosum*, но он менее эффективен для защиты еловых пней. Препарат «Rotstop» зарегистрирован в Латвии в 2007 году и в настоящее время используется в основном на рубках ухода. В 2006 году в ЛГИЛ «Силава» начаты исследования по разработке биологического препарата, содержащего изоляты *P. gigantea* местного происхождения.

Ключевые слова: *Phlebiopsis gigantea*, корневая губка, биологические методы защиты, пни.

³ ЛГИЛ «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; *эл. почта: talis.gaitnieks@silava.lv

⁴ Научно-исследовательский институт леса Финляндии «Metla», Jokiniemenkuja 1, P.O.Box 18, FI-01301, Vantaa, Finland

Ievads

Sakņu piepes *Heterobasidion annosum* s.l. izraisītā sakņu trupe ir viena no postošākajām koku slimībām Ziemeļu puslodes skujkoku mežos. *H. annosum* rada ievērojamus zaudējumus mežsaimniecībai, izraisot koku priekšlaicīgu bojāeju. Skandināvijas dienviddaļā aptuveni 10-20% egļu ir inficētas ar *H. annosum* (Woodward *et al.*, 1998). Latvijā egļu audzēs trupējušo egļu īpatsvars sasniedz 23% un trapes izraisītie zaudējumi sastāda vidēji 750 LVL ha⁻¹ – pēc 2006. gada cenām (Gaitnieks *et al.*, 2007).

H. annosum infekcija mežaudzēs izplatās divējādi: (i) ar bazīdijsporām, (ii) ar micēliju sakņu saskares vietās (Korhonen, Stenlid, 1998). Ar sporām *H. annosum* izplatās lielākos attālumos, tādējādi inficējot slimības iepriekš neskartās mežaudzes. Sporām nonākot uz svaigo celmu virsmas, tās dīgst un no tām attīstās micēlijs, kas pakāpeniski nokļūst saknēs, veicinot jau esošo infekcijas perēkļu paplašināšanos un slimības pārnesi uz blakus augošajiem veselajiem kokiem (Stenlid, Redfern, 1998; Woodward *et al.* 1998). Viens no efektīvākajiem sakņu trapes ierobežošanas paņēmieniem ir svaigo celmu apstrāde ar bioloģiskajiem vai ķīmiskajiem preparātiem mežizstrādes laikā.

Celmu ķīmiskā un bioloģiskā aizsardzība pret *H. annosum* infekciju

Apstrādājot celmus ar bioloģiskajiem vai ķīmiskajiem līdzekļiem, iespējamā inficēšanās ar *H. annosum* samazinās pat līdz 99% (Thor, Stenlid, 2005).

Ķīmiskie preparāti, kurus izmanto celmu apstrādei, ir urīnviela un borāti (boraks un nātrija oktaborāta tetrahidrāts) (Kallio, 1965; Greig, 1976; Nicolotti *et al.*, 1999; Varese *et al.*, 1999; Nicolotti, Gonthier, 2005).

Izmantojot urīnvielu (30% šķīdums) celmu apstrādei tūlīt pēc koka nozāģēšanas, inficēšanās ar *H. annosum* samazinās par 86%, (Johansson, Brandtberg, 1994). Urīnviela paaugstina celma virsmas pH, padarot to nepiemērotu *H. annosum* attīstībai (Johansson *et al.*, 2002).

Vairākas sēņu sugas (*Phlebiopsis gigantea*, *Bjerkandera adusta*, *Fomitopsis pinicola*, *Gloeophyllum* spp., *Resinicium bicolor*, *Sistotrema brinkmannii*, *Trametes versicolor*, *Hypholoma* spp., *Trichoderma* spp., *Scytalidium* spp. u.c.) ir pārbaudītas kā konkurenti un antagonisti pret *Heterobasidion* spp. (Roy *et al.*, 2001; Roy *et al.*, 2003; Berglund *et al.*, 2005; Holdenrieder, Grieg, 1998). Tomēr *P. gigantea* ir vienīgā sēne, kuru pielieto skujkoku celmu aizsardzībai pret *Heterobasidion* spp.. Eiropā sakņu trapes ierobežošanai plašāk izmantotais bioloģiskais preparāts ir "Rotstop", kas satur lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jül. sporas (Thor *et al.*, 2006).

Pielietojot preparātu pavasara un rudens mežizstrādē, tā efektivitāte bieži sasniedz 100% (nākamajā gadā nosakot auglķermeņu un micēlija klātbūtni celmu saknēs), ja vien celmi ir atbilstoši apstrādāti. Šādi pasākumi palielina izmaksas par 10%, taču rezultātā gan ekonomiskais, gan ekoloģiskais ieguvums ir daudz lielāks (Sierota, 2001).

Tomēr atsevišķos pētījumos konstatēta arī urīnvielas un *P. gigantea* preparātu zemā efektivitāte (Pratt, 1994; Berglund, Rönnberg, 2004).

LVMI "Silava" pētījumos par preparāta "Rotstop" efektivitāti, konstatēts, ka egļu celmos tā ir 20-79%, priežu celmos – 54-100% (A. Mihailova, T. Gaitnieks, nublicēti dati).

***Phlebiopsis gigantea* bioloģija**

Phlebiopsis gigantea (Fr.) Jül. ir koksni noārdoša, saprotrofiska bazidiomicēte, kas bieži satopama boreālajos mežos uz celmiem, nozāģētu un izgāztu koku stumbriem, kā arī uz ciršanas atliekām (Meredith, 1959). Parasti augļķermeņi veidojas uz tām izgāzto koku vai atlieku daļām, kas vērstas pret zemi. Sēnes augļķermeņi ir viengadīgi un uz koksnes vairāk konstatēti mitrās, ēnainās vietās. Samērā lieli augļķermeņi (līdz 75 cm gari un 15 cm plati) bieži atrodami uz izgāztu egļu stumbriem (T. Gaitnieks, nublicēti dati). Primāri sēne attīstās atmirušā koksnē, augļķermeņus veidojot viena līdz četru gadu laikā pēc koksnes kolonizēšanas (Rishbeth, 1963). Sēne nav bistama augošu koku audiem, bet bojā nozāģētu un mežā atstātu koksni. Dažkārt var būt kā vājš patogēns. *P. gigantea* augļķermenis ir zilganpelēks, bet vecākiem augļķermeņiem – baltpelēks vai dzeltenbrūns, līdz 0,5 mm biezs, vaskveidīgs un aug cieši pie substrāta. Augļķermenim kļūstot vecākam, tā malas izžūst un atlokās. Sēne veido dzimum- un bezdzimumsporas, kas var izplatīties vairāku simtu kilometru attālumā (Rishbeth, 1959; Eriksson *et al.*, 1981).

P. gigantea izplatību ietekmē laika apstākļi – bazīdijsporas no augļķermeņa neizdalās sausuma periodā (Meredith, 1959). Pēc ilgstoša aukstuma, augļķermeņim izžūstot, sporu veidošanās samazinās. Vairāk sporu atbrīvojas nakts laikā (Rishbeth, 1959).

Uz viena skujkoku celma sastopamas vairākas ģenētiski atšķirīgas *P. gigantea* (Vainio *et al.*, 2001). Arī LVMI "Silava" pētījumos uz egles stumbra dažādās vietās (60 un 120 cm attālumā) atrasti trīs *P. gigantea* ģenētiski atšķirīgi izolāti. Dažkārt vairāku *P. gigantea* izolātu augļķermeņi saaug kopā, un to robežas iezīmē demarkācijas līnija (K. Korhonen, nublicēti dati).

P. gigantea kolonizē celmu virsmu, samazinot sakņu primāro inficēšanos ar *H. annosum*, kā arī *H. annosum* augļķermeņu veidošanos. *P. gigantea* ātri ieaug celma saknēs un efektīvi noārda sakņu sistēmu.

Pētījumos konstatēts, ka *P. gigantea* izolātu spēja no substrāta uzņemt barības vielas ir atšķirīga (Sierota, 2001; Adomas *et al.*, 2006). Laboratorijas apstākļos starp *P. gigantea* un *H. annosum* novērots antagonisms sēņu hifu saskares vietā – *H. annosum* hifas strauji noārdās, saskaroties ar *P. gigantea* hifām: izmainās protoplazma un šūnu membrānu caurlaidība (Ikediugwu, 1970; Ikediugwu *et al.*, 1976). *P. gigantea* izolātiem konstatēta arī atšķirīga koksni noārdošo enzīmu, piemēram, lakkāzes sintēze (Asiegbu *et al.*, 2005; Mgbeahuruike, 2009).

Celmu apstrāde ar *Phlebiopsis gigantea*

Pētot *H. annosum* izplatību, angļu zinātnieks *Rishbeth* (1950) atklāja, ka *P. gigantea* kolonizē celmus un spēj "aizvietot" *H. annosum* skujkoku celmu saknēs. *Rishbeth* (1950, 1951) izvirzīja ideju par *P. gigantea* izmantošanu kā bioloģiskās celmu aizsardzības līdzekli. Tomēr joprojām nebija noskaidrots, kā šo sēni pielietot praksē. *Meredith* (1959) konstatēja, ka *P. gigantea*, tāpat kā *H. annosum*, primāri attīstās uz svaigu celmu virsmas. Turpinot iesāktos pētījumus, *Rishbeth* (1961) ieteica izmantot *P. gigantea* celmu aizsardzībai un attīstīja metodi inokulāta ieguvei uz nelieliem priedes koksnes gabaliņiem. Viņš pierādīja, ka celmu aizsardzībā *P. gigantea* ir efektīvāka nekā kreožots un urīnviela. *Rishbeth* 1963. gadā ieteica izmantot šķīdināmu *P. gigantea* inokulāta tableti, kas pirms lietošanas vienu diennakti bija jāmērcē ūdenī. Sadarbībā ar nelielu kompāniju – *Ecological Laboratories Ltd of Dover, Kent, UK* – 1968. gadā tika izgatavota *P. gigantea* suspensija eļļas emulsijā, pēc tam inokulātu fasēja polietilēna maisiņā (vidēji 1-2 ml *P. gigantea* inokulāta). Šādā veidā *P. gigantea* inokulātu Lielbritānijā izmanto no 1970. gada. Kopš 1995. gada ražotāji to sāka piedāvāt lielākā iesaiņojumā – 7-10 ml.

Prof. *Tauno Kallio* Somijā turpināja *Rishbeth* eksperimentus, apstrādājot egļu celmus ar *P. gigantea* izolātiem (*Kallio, Hallaksela, 1979*). Tika noskaidrots, ka vēlamais efekts egles koksne panākams,

ja sporu koncentrācija ir 5-10 reizes augstāka nekā suspensijā, ar kuru apstrādāta priedes koksne. Pagājušā gadsimta septiņdesmito gadu beigās Somijā izstrādāja *P. gigantea* preparātu, par kuru sākumā mežsaimnieku interese bija maza, jo tajā laikā celmu apstrādei pielietoja roku darbu. Attieksme mainījās, kad celmu apstrādei sāka izmantot speciālu, harvesteram piestiprinātu ierīci. Sākotnēji izmantoja 20% urīnvielas šķīdumu, bet tas izraisīja apstrādes iekārtu bojājumus. Lai atrastu efektīvākos sēnes izolātus, kas būtu pielietojami celmu apstrādei Somijā, dažādās vietās atlasīja 30 *P. gigantea* izolātus, kuriem laboratorijā noteica augšanas ātrumu un antagonismu pret *Heterobasidion* sp.. Sešiem izolātiem pārbaudīja augšanas ātrumu koksne un izolātu, kas uzrādīja labākos rezultātus, izmantoja preparāta "Rotstop" ražošanā (*K. Korhonen, viedokļu apmaiņa*).

Pašlaik bioloģisko preparātu, kura sastāvā ir *P. gigantea*, pielieto Anglijā, Zviedrijā, Šveicē, Krievijā, Bulgārijā, Kanādā, Somijā, Francijā, Vācijā, Itālijā, Norvēģijā, Polijā (*Thor, 2002; Korhonen, Holdenrieder, 2005; Pratt et al., 2000; Metzler et al., 2005*). Kopš 2004. gada arī Igaunijā meža izstrādātāji izmanto bioloģisko preparātu "Rotstop" (*Drenkhan et al., 2008*). Eiropas Savienībā ražo vairākus *P. gigantea* preparātus: "PG Suspension" (Lielbritānija), "PgIBL" (Polija), "Rotex" (Vācija), "Rotstop" (Somija) – visplašāk pazīstamais preparāts. Joprojām daudzās valstīs turpinās pētījumi, lai atrastu efektīvākos izolātus un ierobežotu *H. annosum* izraisīto infekciju, izmantojot

P. gigantea (Pettersson *et al.*, 2003; Rönnerberg *et al.*, 2006).

Somijā izstrādātais preparāts “Rotstop” 2007. gadā reģistrēts arī Latvijā kā “Augu aizsardzības līdzeklis Rotstops p.s.”, un 2008. gadā uzsākta tā pielietošana krājas kopšanas cirtēs. AS “Latvijas valsts meži” (LVM) izstrādātais plāns paredz, ka līdz 2014. gadam tiks nodrošināta minētā preparāta izmantošana visās skujkoku audzēs LVM pārvaldībā esošajos mežos, neatkarīgi no cirtes veida.

Preparāts “Rotstop” un tā lietošana

Latvijā lietojamais preparāts “Rotstop” ir pulverveida, balts, sastāv no *P. gigantea* sporām un saistvielām; pieejams 25 g un 100 g iepakojumā, kas neatvērts uzglabājams 12 mēnešus +8°C temperatūrā vai 24 mēnešus saldētavā un vienu nedēļu istabas temperatūrā.

Celmi apstrādājami tajā gada laikā, kad gaisa temperatūra ir labvēlīga sakņu trupi izraisošās sēnes izplatībai. “Rotstop” pielietojams, vidējai diennakts temperatūrai pārsniedzot +5°C.

“Rotstop” darba šķīdumu pagatavo, sajaucot 1 g preparāta ar 1 l tīra ūdens un pievienojot krāsvielas tableti darba izpildes kvalitātes kontrolei (zilais krāsojums ļauj novērtēt, cik vienmērīgi preparāts nokļājis celma virsmu). Preparāta šķīduma patēriņš sastāda vidēji 2 litrus uz celma virsmas 1 m². Sagatavots darba šķīdums lietojams 24 stundas (pēc tam sporas šķīdumā sāk dīgt un aiziet bojā). Preparāts izsmidzināms uz celma virsmas uzreiz vai 3 stundu laikā pēc koka nociršanas. Celmi apstrādājami manuāli vai

ar harvesteriem, kas aprīkoti ar īpašu izsmidzināšanas ierīci. Šajā gadījumā tiek izmantota arī speciāla zāģa sliede – tajā izurbti caurumi, pa kuriem, koka nozāģēšanas brīdī, suspensija tiek izsmidzināta uz celma. Preparāta iedarbiguma efektivitāti nosaka apstrādātās virsmas laukums – optimāli nepieciešama vismaz 85% celma virsmas apstrāde (Berglund, Rönnerberg 2004; Rönnerberg *et al.*, 2006; Tubby *et al.*, 2008). Egļu celmiem, atšķirībā no priežu celmiem, ir svarīgi, lai bioloģiskais preparāts nokļātu visu celma virsmu. Preparāts “Rotstop” izmantojams celmu apstrādei gan kopšanas cirtēs, gan kailcirtēs.

Lielākajā daļā valstu 95% apstrādi ar bioloģisko preparātu veic mehānizēti, izņemot Lielbritāniju (20% manuālā apstrāde) un Poliju (100% manuālā apstrāde). Zviedrijā gadā vidēji apstrādā 35000 hektārus un uzskata, ka tā ir tikai puse no nepieciešamā apstrādes apjoma (Samuelsson, Örländer, 2001; Thor, 2003). Manuālā celmu apstrāde nodrošina 79-98%, bet mehānizētā – 53-83% *H. annosum* sporu infekcijas samazināšanos (Thor, Stenlid, 2005).

Latvijā pagaidām pieejams pulverveida preparāts, savukārt citās valstīs plašāk pielieto šķīduma koncentrātu. Pulverveida preparāta trūkums – tā sastāvā ietilpstošās saistvielas rada nogulsnes, kas darbu izpildes laikā var izraisīt harvesteram uzstādītās iekārtas aizsērējumus.

Celmu apstrādes ekonomiskie aspekti

Eiropā gada laikā bioloģiskos preparātus pielieto vairāk nekā 200 tūkstošus hektāru lielās platībās, vidējās izmaksas – 1,2 eiro uz 1 m³ kopšanas cirtē un 0,4 eiro uz

1 m³ kailcirtē (Thor, 2003). Vācijā viena hektāra apstrāde egļu audzēs 2005. gadā izmaksājusi 38 eiro. „Rotstop” lietošanas izmaksas Latvijā attiecīgi 0,27-0,82 LVL m³, atkarībā no koka diametra; paša preparāta izmaksas sastāda 54% no minētās summas.

Zviedrijā veiktie pētījumi liecina, ka, apstrādājot celmus, ekonomiskais ieguvums uz 1 ha meža, gan galvenajās, gan kopšanas cirtēs, vidēji ir 25,5 tūkst. SEK (zviedru kronas) jeb 1785 LVL ha⁻¹, salīdzinājumā ar audzēm, kur celmu apstrāde sakņu trupes izplatības novēršanai nav veikta (Thor *et al.*, 2006).

Pētījumos Latvijā konstatēts, ka trupējušo egļu īpatsvars 41-60-gadīgās egļu audzēs ir 15,7%, 61-70-gadīgās – 21,7%, bet 81-100-gadīgās – 24,5%. Aprēķini rāda, ka, mežizstrādē izmantojot pašreizējās apsaimniekošanas metodes, trupējušo egļu īpatsvars briestaudzēs (61-80 gadi) ir 1,38 reizes lielāks nekā vidēja vecuma audzēs (41-60 gadi), bet sasniedzot galvenās cirtes vecumu trupējušo egļu īpatsvars pieaug vēl 1,13 reizes.

Mūsu veiktie pētījumi liecina, ka trupes izraisītie tiešie zaudējumi (sortimentu vērtības pazemināšanās, salīdzinot ar trupes neskarto egļu audžu sortimentiem) pieaugušās egļu audzēs vidēji ir 750 LVL ha⁻¹.

Aprēķinos izmantoti Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā “Silava” iegūtie dati, kuru pamatā ir AS “Latvijas valsts meži” (LVM) mežizstrādes izmaksas, sortimentu cenas. Somijā un citās Skandināvijas valstīs konstatēts, ka egļu audzēs, celmu

apstrādei izmantojot bioloģisko preparātu “Rotstop”, tā iedarbīguma efektivitāte sasniedz 80%, līdz ar to izdarāms pieņēmums, ka arī Latvijā, kopšanas ciršu laikā apstrādājot egļu celmus ar minēto bioloģisko augu aizsardzības līdzekli 41-60-gadīgās egļu audzēs, trupes īpatsvars varētu samazināties par 80% salīdzinājumā ar tām egļu audzēm, kur celmu apstrāde netiktu veikta.

Audzēs, kur jau sastopami ar sakņu piepi inficēti koki, *H. annosum* infekcija turpina izplatīties ar veģetatīvo micēliju sakņu saskares vietās, un preparāta lietošana samazina tikai jaunu infekcijas perēkļu (svaigi celmi) skaitu. Tādēļ pieļaujams, ka trupējušo koku īpatsvara pieaugums 41-60-gadīgās audzēs no 1,38 reizēm varētu samazināties uz 1,08 reizēm, 61-80 gados sasniedzot 16,9%. Pēc 20 gadiem – galvenās cirtes vecumā – tas pieaugtu 1,03 reizes un sasniegtu 17,3% salīdzinājumā ar egļu audzēm, kur bioloģiskais augu aizsardzības līdzeklis nav pielietots un trupes īpatsvars ir 24,5%.

Kopšanas ciršu laikā veiktie aizsardzības pasākumi izmaksā 39 LVL ha⁻¹, bet ieguldījumu ilgums ir 40 gadi (raksturojams kā laika posms no kopšanas cirtes 40 gadu vecumā līdz galvenās cirtes vecumam – 80 gados); savukārt trupējušo koku īpatsvara pazemināšanās no 24,5% līdz 17,3% veido zaudējumu samazināšanos jeb ieņēmumu palielināšanos par 220 LVL ha⁻¹:

$$\frac{750 - 750 \cdot 17,3\%}{24,5\%} = 220 \text{ LVL ha}^{-1}, \text{ kas ir}$$

līdzvērtīgi 4,4% ieguldījumam.

Pēdējos piecos gados Latvijā kailcirtēs gadā izcirsti vidēji 2331 ha

egļu audžu (LVM dati). Aprēķini liecina, ka, apstrādājot 1 ha meža ar bioloģisko augu aizsardzības līdzekli, ieguvums būtu vairāk nekā 0,5 milj. LVL gadā.

***P. gigantea* ietekme uz vidi**

Bioloģisko augu aizsardzības līdzekli “Rotstop” raksturo vairākas priekšrocības: tas ir ekosistēmai draudzīgs, viegli noārdās, tā iedarbīguma efektivitāte ir ilgstoša un preparāts var kļūt par noturīgu biocenozes komponentu; “Rotstop” nebojā metālu (tātad izmantojams harvesteros), nav nepieciešams tik lielā daudzumā kā ķīmiskie aizsardzības līdzekļi (Holdenrieder, Greig, 1998; Sidorov, 2005).

Bioloģiskās kontroles metodes uzskata par videi draudzīgām, tomēr to pielietošana saistīta ar iespējamiem riskiem. Pašlaik ģenētiskā polimorfisma līmenis starp *P. gigantea* populācijām Eiropā ir ļoti augsts. Ekstensīva viena genotipa izplatīšanās var samazināt dabiskās populācijas daudzveidību, pazeminot dabiskās infekcijas līmeni; hibridizācija ar dabisko populāciju var radīt vienvēidīgas populācijas izveidošanos (Eriksson *et al.*, 1981; Korhonen, Kaupila, 1988; Vainio *et al.*, 1998).

Pētījumos noskaidrots, ka celmu apstrāde ar dažādām sēņu micēlija suspensijām vai ķīmiskajiem preparātiem ietekmē celmus kolonizējošo sēņu sugu sastāvu (Lipponen, 1991; Varese *et al.*, 1999).

Zviedru zinātnieku pētījumi liecina, ka pirmo sešu gadu laikā pēc apstrādes preparāts “Rotstop” negatīvi ietekmē

celmus apdzīvojošo sēņu daudzveidību, kas analizētajos 4 gadus vecajos celmos ir samazinājusies par 32%, bet 6 gadus vecajos celmos – par 46%. Nozīmīgs ir fakts, ka bioloģiskās daudzveidības samazināšanās konstatēta nevien apstrādātajos, bet arī kontroles celmos, ko iespējams izraisījis pārmērīgi augstais sporulējošo *P. gigantea* augļķermeņu skaits blakus esošajos apstrādātajos celmos. Četrus gadus vecajos apstrādātajos celmos dominējošā sēne ir *P. gigantea* (“Rotstop” genotips), savukārt kontroles celmos novērota liela dabiskās *P. gigantea* ģenētiskā daudzveidība. Sešus gadus vecajos celmos, gan apstrādes, gan kontroles variantā, *P. gigantea* bija sastopama reti, netika atrasti arī tās augļķermeņi. Citu sēņu sugu sastopamība, piemēram, *Resinicium bicolor*, *Sistotrema brinkmannii*, *Hypholoma capnoides*, bija palielinājusies. Pētījumu rezultāti apliecināja, ka *Heterobasidion annosum* ir vienīgā bazidiomicēte, kuras sastopamību būtiski samazinājusi preparāta “Rotstop” pielietošana (Vasiliauskas *et al.*, 2004). Vainio *et al.* (2001) pētījumā konstatēts, ka priežu celmos 6 gadu laikā preparāta “Rotstop” sastāvā ietilpstošo *P. gigantea* “aizvietojušas” citas sēnes. Egles koksne – pusei no eksperimentā iekļautajiem celmiem – *P. gigantea* vēl bija saglabājusies (šajos apstrādātajos celmos atrada tikai “Rotstop” izolātu). Minētajā darbā atzīts, ka preparāts “Rotstop” neizraisa dabiskās *P. gigantea* ģenētiskās daudzveidības samazināšanos.

Salīdzinot ar citiem celmu apstrādes līdzekļiem, *P. gigantea* suspensijas iedarbīguma efektivitāte ir visilgstošākā. *P. gigantea*

un *Trichoderma harzianum* vairāk ietekmē dabiskās mikofloras daudzveidību. No ķīmiskajiem līdzekļiem spēcīgāko efektu izraisa nātrija tetraborāta dekahidrāts. Citu preparātu pielietošanas efektivitāte nav ilgstoša un samazinās divu gadu laikā (Varese *et al.*, 2003).

Atšķirībā no ķīmiskās kontroles līdzekļiem, apstrāde ar preparātu "Rotstop" veģētāciju un augsnes pH būtiski neietekmē (Westlund, Nohrstedt, 2000).

Pētījumi Polijā ir pierādījuši, ka pēc *P. sylvestris* celmu apstrādes ar *P. gigantea* samazinās lielā priežu smecernieka *Hylobius abietis* olu dēšana gan celmos, gan saknēs. *H. abietis* ir galvenais skujkoku jaunaudzū kaitēklis, kas spēj iznīcināt kokus jau pirmajos gados pēc iestādīšanas. Tātad *P. gigantea* izmantošana bioloģiskajā kontrolē varētu būt divkārt efektīva (Holdenrieder, Greig, 1998).

Galvenie secinājumi un turpmākie pētījumi

Lai izvēlētos labāko *P. gigantea* izolātu, kas būtu izmantojams skujkoku celmu apstrādei, nepieciešama liela skaita sēnes izolātu pārbaude. Laboratorijas apstākļos, kā izolātu efektivitātes rādītāji, tiek analizēti: augšanas ātrums, sporu produktivitāte un antagonisms pret *Heterobasidion* S un P grupu. Tomēr, kā apliecinājuši pētījumi, starp šiem rādītājiem un *P. gigantea* izolāta attīstību koksne ne vienmēr novērojama tieša saistība (Prof. J. Hantula, viedokļu apmaiņa; Sun *et al.*, 2008). Laboratorijā veiktajos pētījumos Somijā preparāts "Rotstop" uzrādījis lielu augšanas ātrumu, bet egles koksne izolāta attīstība bijusi vidēja, salīdzinot ar citiem analizētajiem izolātiem. Starp sporu produktivitāti un *P. gigantea* efektivitāti aizsardzībā pret *Heterobasidion* nav novērota pozitīva korelācija. Izmantojot eksperimentā vairākas egles, konstatēta arī atšķirīga vienu un to pašu izolātu attīstība, ko ietekmējušas koku individuālās īpašības (Sun *et al.*, 2008). Līdzīgi secinājumi par koku individuālo īpašību ietekmi uz *P. gigantea* izolātu attīstību iegūti arī LVMI "Silava" veiktajos pētījumos (K. Kenigsvalde, T. Gaitnieks – nepublicēti dati).

Lai *P. gigantea* pielietošana celmu aizsardzībā būtu efektīva, celmu virsma apstrādājama ar pietiekami lielu daudzumu dīgtspējīgu sporu. *P. gigantea* ir adaptējusies un labāk aug priedes nekā egles koksne (Rishbeth, 1951, 1963; Kallio, 1971).

P. gigantea izolāts, kas ietilpst preparāta "Rotstop" sastāvā, salīdzinot ar citiem *P. gigantea* izolātiem, ir viens no efektīvākajiem Eiropā, tomēr atrasti arī *P. gigantea* izolāti ar augstāku efektivitāti (Berglund *et al.*, 2005), kas var būt atšķirīga atkarībā no apkārtējās vides apstākļiem (Rönning *et al.*, 2006). Konstatēts, ka Zviedrijā atsevišķi vietējie *P. gigantea* izolāti celmu aizsardzībā pret *Heterobasidion* ir efektīvāki nekā preparāts "Rostop" (Berglund, 2005). Līdzīgu pētījumu rezultātā arī citās Eiropas valstīs (Polijā, Lielbritānijā) reģistrēti vietējo *P. gigantea* izolāti (Thor, 1997). Sun *et al.* (2009),

pamatojoties uz *P. gigantea* izolātu labāku augšanas ātrumu koksņē un antagonismu pret *Heterobasidion* laboratorijas eksperimentos, izvērtējis no *P. gigantea* izolātiem iegūtu hibrīdu efektivitāti. Jauniegūto *P. gigantea* izolātu efektivitātes rādītāji ir augstāki.

Apkopojot iepriekš minētās atziņas, varam secināt, ka:

- laboratorijā fiksētie efektivitātes rādītāji ne vienmēr saskan ar lauka apstākļos iegūtajiem. Sporu produktivitāte uzskatāma par nozīmīgu faktoru preparāta komerciālas ražošanas gadījumā;
- augšanas ātrums koksņē ir viens no nozīmīgākajiem rādītājiem, kas raksturo *P. gigantea* izolātu efektivitāti; *P. gigantea* izolātu spēja attīstīties priedes koksņē ir daudz labāka nekā egles koksņē;
- pielietojot bioloģisko preparātu "Rotstop", vidē nonāk liels daudzums ģenētiski viendabīgas sēnes *P. gigantea*; "Rotstop" sastāvā ir tikai viens Somijā izdalītais sēnes *P. gigantea* izolāts. Lai novērstu viena izolāta ietekmi uz bioloģisko daudzveidību, lietderīgi ir izmantot tādus bioloģiskos preparātus, kas satur dažādus "vietējos" sēnes *P. gigantea* izolātus.

LVMI "Silava" 2006. gadā uzsākti pētījumi, lai atrastu efektīvākos *P. gigantea* Latvijas izolātus, no kuriem perspektīvā varētu ražot preparātu celmu apstrādei. Līdz šim LVMI "Silava" kolekcijā ievākti vairāk nekā 100 *P. gigantea* izolāti, kuriem veiktas laboratorijas analīzes un daļai no tiem novērtēts arī augšanas ātrums un antagonisms pret *Heterobasidion* sp. priedes un egles koksņē. *P. gigantea* izolātu attīstība pārbaudīta arī vairāku citu introducēto skujkoku sugu koksņē.

Dažādās valstīs veiktajos pētījumos *P. gigantea* attīstības novērtēšanai koksņē pielietota smidzināšanas metode, izmantojot koksnes blūķišus (Korhonen, 2003; Sun *et al.*, 2008; Thomsen *et al.*, 2001). Sēnes attīstība novērtēta arī koksnes gabaliņos (Annesi *et al.*, 2005; Drenkhan *et al.*, 2008). LVMI "Silava" izstrādāta jauna metode *P. gigantea* izolātu augšanas ātruma novērtēšanai koksņē, kas vienlaicīgi uz viena blūķīša ļauj salīdzināt augšanas ātrumu līdz 15 sēnes izolātiem (K. Kenigvalde, T. Gaitnieks, npublicēti dati). Ir atrasti vairāki sēnes *P. gigantea* izolāti, kas pēc savām īpašībām neatpaliek no preparāta "Rotstop" sastāvā ietilpstošā izolāta. Turpmākajā izpētes darbā paredzēts noskaidrot, kādu ietekmi uz *Heterobasidion* attīstību atstāj *P. gigantea* suspensijas, kas veidotas no vairākiem izolātiem, un *P. gigantea* izolāti kopā ar citu sēņu sugu izolātiem (piemēram, *Trichoderma* spp.).

Pateicība: pētījumi par *P. gigantea* izmantošanu celmu bioloģiskajā aizsardzībā pret *H. annosum* LVMI "Silava" veikti, pateicoties Meža attīstības fonda, Eiropas Reģionālās attīstības fonda un Valsts pētījumu programmas "Jauni produkti un inovatīvas meža apsaimniekošanas, meža koksnes un nekoksnes produktu ražošanas

tehnoloģijas, racionāli izmantojot meža resursus un būtiski palielinot produkcijas pievienoto vērtību” finansējumam.

Publikācijā izmantoti I. Braunera un J. Gercāna sagatavotie materiāli.

Literatūra

- Adomas, A., Eklund, M., Johansson, M., Asiegbu, F. O. (2006). Identification and analysis of differentially expressed cDNAs during nonself-competitive interaction between *Phlebiopsis gigantea* and *Heterobasidion parviporum*. *FEMS Microbiology Ecology*, 57, 26-39.
- Annesi, T., Curcio, G., D'Amico, L., Motta, E. (2005). Biological control of *Heterobasidion annosum* on *Pinus pinea* by *Phlebiopsis gigantea*. *Forest Pathology*, 35, 127-134.
- Asiegbu, F. O., Adomas, A. & Stenlid, J. (2005). Conifer root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s.l. *Molecular Plant Pathology*, 6, 395-409.
- Berglund, M. (2005). Infection and growth of *Heterobasidion* spp. in *Picea abies*. Control by *Phlebiopsis gigantea* stump treatment. PhD thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden, 29-32.
- Berglund, M., Rönnerberg, J. (2004). Effectiveness of treatment of Norway spruce stumps with *Phlebiopsis gigantea* at different rates of coverage for the control of *Heterobasidion*. *Forest Pathology*, 34, 233-243.
- Drenkhan, T., Hanso, S., Hanso, M. (2008). Effect of the stump treatment with *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* root rot in Estonia. *Baltic Forestry*, 14(1), 16-25.
- Eriksson, J., Hjortstam, K., Ryvarden, L. (1981). The Corticiaceae of North Europe, Vol. 6: Phlebia- Sarcodontia. Oslo, Norway: Fungifora A/S.
- Gaitnieks, T., Arhipova, N., Donis, J., Stenlid, J., Vasaitis, R. (2007). Butt Rot Incidence and Related Losses in Latvian *Picea abies* (L.) Karst. stands. In: Garbelotto, M. and Gonthier, M. (eds.), Proceedings of the 12 th IUFRO International Conference on Root and Butt Rots. Berkeley, California, Medford, Oregon/USA, August 2007. pp. 177-179.
- Greig, B. J. W. (1976). Biological control of *Fomes annosus* by *Peniophora gigantea*. *European Journal of Forest Pathology*, 6, 65-71.
- Holdenrieder, O., Greig, B. J. W. (1998). Biological methods of control. In: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann (ed.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK, 235-258.
- Ikeduigwu, F. E. O. (1976). The interface in hyphal interference by *Peniophora gigantea* against *Heterobasidion annosum*. *Transactions of the British Mycological Society*, 66, 291-296.
- Ikeduigwu, F. E. O., Dennis, C., Webster, J. (1970). Hyphal interference by *Peniophora gigantea* against *Heterobasidion annosum*. *Transactions of the British Mycological Society*, 54, 307-309.
- Johansson, M., Brandtberg, O. (1994). Environmental conditions influencing infection of Norway spruce stumps by *Heterobasidion annosum* and effect of urea treatment.

- In: M. Johansson and J. Stenlid (eds.), Proceedings of the 8th IUFRO root and butt rot conference in Sweden and Finland, August 9-16, 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. pp. 668-674.
- Johansson, S. M., Pratt, J. E., Asiegbu, F. O.** (2002). Treatment of Norway spruce and Scots pine stumps with urea against the root and butt rot fungus *Heterobasidion annosum* – possible modes of action. *Forest Ecology and Management*, 157, 87-100.
- Kallio, T.** (1965). Studies on the biology of distribution and possibilities to control *Fomes annosus* in southern Finland. *Acta Forestalia Fennica*, 78, 1-21. (In Finnish with English summary).
- Kallio, T.** (1971). Protection of spruce stumps against *Fomes annosus* (Fr.) Cooke by some wood inhabiting fungi. *Acta Forestalia Fennica*, 117, 1-20.
- Kallio, T., Hallaksela, A.-M.** (1979). Biological control of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (*Fomes annosus*) in Finland. *European Journal of Forest Pathology*, 9, 298-308.
- Korhonen, K., Kannelsuo, S., Vainio, E., Hantula, J.** (1997). Population structure of *Phlebiopsis gigantea* in Europe. In: *Root and Butt Rots of Forest Trees* (Ninth Int. Conf. on Root and Butt Rots, Carcans-Maubuisson, Sept. 1-7, 1997). Ed. by Delatour, C.; Guillaumin, J.-J.; Lungescarmant, B.; Marçais, B. France: INRA Editions (France), Les Colloques No. 89, Abstr. No. 15, 438.
- Korhonen, K., Kauppila, P.** (1988). The sexuality of *Phlebiopsis gigantea*. *Karstenia*, 27, 23-30.
- Korhonen, K., Stenlid, J.** (1998). Biology of *Heterobasidion annosum*. – In: Woodward, S., J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann (ed.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, 44-64.
- Korhonen, K.** (2003). Simulated stump treatment experiments for monitoring the efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* infection. In: *Root and Butt Rot of Forest Trees*. 10th International Conference on Root and Butt Rots. Quebec City, Canada, 16-22 September 2001. Ed. by LaFlamme, G.; Be'rube', J.; Bussie`res, G.; Sainte-Foy, G. Quebec, Canada: Canadian Forest Service, Information Report LAU-X-126, pp. 206-210.
- Korhonen, K., Holdenrieder, O.** (2005). Neue Erkenntnisse über den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s.l.). *Forst und Holz*, 5, 206-211.
- Lipponen, K.** (1991). Juurikäävän kantotartunta ja sen torjunta enshiharvennusemetsiköissä (Stump infection by *Heterobasidion annosum* and its control in stands at the first thinning stage). *Folia Forestalia* 770, pp.12 (In Finnish with English summary.)
- Meredith, D. S.** (1959). The infection of pine stumps by *Fomes annosus* and other fungi. *Annals of Botany, New Series* 23, 455-476. In: *Heterobasidion annosum biology, ecology, impact and control*. Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen R. and Hüttermann, A. (Eds.). CAB international, Oxford, UK, 589 pp.
- Mgbeahuruike, A. C.** (2009). A study of the traits associated with the biocontrol activity

- of *Phlebiopsis gigantea*. Licentiate's thesis. Department of Forest Mycology and Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Nicolotti, G., Gonthier, P.** (2005). Stump treatment against *Heterobasidion* with *Phlebiopsis gigantea* and some chemicals in *Picea abies* stands in the western Alps. *Forest Pathology*, 35, 365-374.
- Nicolotti, G., Gonthier, Varese, P. G. C.** (1999). Effectiveness of some biocontrol and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, 29, 339-346.
- Pettersson, M., Rönnerberg, J., Vollbrecht, G. & Gemmel, P.** (2003). Effect of thinning and *Phlebiopsis gigantea* stump treatment on the growth of *Heterobasidion parviporum* inoculated in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18, 362-367.
- Pratt, J. E.** (1994). Some experiments with borates and with urea to control stump infection by *H. annosum* in Britain. In: Johansson & Stenlid (eds). *Proceedings of the eighth international conference on root and butt rots, Sweden and Finland, 1993*, pp. 662-667.
- Pratt, J. E., Niemi, M., Sierota Z. H.** (2000). Comparison of three products based on *Phlebiopsis gigantea* for the control of *Heterobasidion annosum* in Europe. *Biocontrol Science and Technology*, 10, 467-477.
- Rishbeth, J.** (1951). Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. II. Spore production, stump infection, and saprophytic activity in stumps. *Annals of Botany, New Series*, 15, 1-21.
- Rishbeth, J.** (1959). Dispersal of *Fomes annosus* FR. and *Peniophora gigantea* (Fr.) Masee. *Transactions of the British mycological society*, 42 (2), 243-260.
- Rishbeth, J.** (1961). Inoculation of pine stumps against infection by *Fomes annosus*. *Nature*, 191, 826-827.
- Rishbeth, J.** (1963). Stump protection against *Fomes annosus*. III. Inoculation with *Peniophora gigantea*. *Annals of applied Biology*, 52, 63-77.
- Rishbeth, J.** (1950). Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglia pine plantations. I. The outbreaks of disease and ecological status of the fungus. *Annals of Botany*, 14 (55), 365-383.
- Roy, G., Bussièrès, G., Laflamme, G., Dessureault M.** (2001). In vitro inhibition of *Heterobasidion annosum* by *Phaeothea dimorphospora*. *Forest Pathology*, 31, 395-404.
- Roy, G., Laflamme, G., Bussièrès, G., Dessureault, M.** (2003). Field tests on biological control of *Heterobasidion annosum* by *Phaeothea dimorphospora* in comparison with *Phlebiopsis gigantea*. *Forest Pathology*, 33, 127-140.
- Rönnerberg, J., Sidorov, E., Petrylaite, E.** (2006). Efficacy of different concentrations of Rostop® F and Rostop® S and imperfect coverage of Rotstop® S against *Heterobasidion* s.l. spore infections on Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, 36, 422-433.

- Samuelsson, H., Örlander, G.** (2001). Skador på skog. Rapport 80, Skogsstyrelsen (The board of forestry), ISSN 1100-0295, 25 pp. (In Swedish.) SAS Institute. 1999-2001. The SAS System for Windows, Release 8.02 TS level 02M0. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sidorov, E.** (2005). Efficacy of different concentrations of Rotstop® and RotstopS and imperfect cover of RotstopS against *Heterobasidion* spp. infections on Norway spruce stumps. Doctoral thesis. Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp, August 2005, p. 8.
- Sierota, Z. H.** (2001). Costs and effects of biological control of root rot in Poland. Proceedings of the IUFRO Working Party 7.02.01. Quebec City, Canada, September 16-22, 2001 in 10th International Conference on Root and Butt Rots, pp. 194-196.
- Stenlid, J., Redfern, D. B.** (1998). Spread within the tree and stand. – In: Woodward, S., J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann (ed.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK, 126-129.
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J., Kasanen, R.** (2008). Variation in properties of *Phlebiopsis gigantea* related to biocontrol against infection by *Heterobasidion* spp. in Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, 39, 133-144.
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J., Asiegbu, F.O., Kasanen, R.** (2009). Use of a breeding approach for improving biocontrol efficacy of *Phlebiopsis gigantea* strains against *Heterobasidion* infection of Norway spruce stumps. *Federation of European Microbiological Society, FEMS Microbiology Ecology*, 69 (2), 266-273.
- Thor, M.** (1997). Stump treatment against *Heterobasidion annosum* – techniques and biological effect in practical forestry. Licentiate's thesis. Department of Forest Mycology and Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 21.
- Thor, M.** (2002). Operational stump treatment against root rot – European survey. Results – SkogForsk, 1, 4.
- Thor, M.** (2003). Operational stump treatment against *Heterobasidion annosum* in European forestry – current situation. In: LaFlamme, G., Bérubé, J. & Bussièeres, G. (eds.). *Root and Butt Rot of Forest Trees – Proceedings of the IUFRO Working Party 7.02.01* Quebec City, Canada, September 16-22, 2001. Canadian Forest Service, Information Report LAU-X-126, pp. 170-175.
- Thor, M., Stenlid, J.** (2005). *Heterobasidion annosum* infection of *Picea abies* following manual or mechanized stump treatment. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20, 154-164.
- Thor, M., Arlinger, J. D., Stenlid, J.** (2006). *Heterobasidion annosum* root rot in *Picea abies*: Modelling economic outcomes of stump treatment in Scandinavian coniferous forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21, 414-423.

- Thomsen, I. M., Jacobsen, J. B.** (2001). Testing Rotstop on Sitka spruce, douglas – fir and larch. In: Proceedings of 10th IUFRO Conference on Root and Butt Rots. Quebec City. September 16-22, 2001. Canada, 217-218.
- Tubby, K. V., Scott, D., Webber, J. F.** (2008). The relationship between stump treatment coverage using the biological control product PG Suspension, and control of *Heterobasidion annosum* on Corsican pine, *Pinus nigra* ssp. *laricio*. Forest Pathology, 38 (1), 37-46.
- Vainio, E. J., Korhonen, K., Hantula, J.** (1998). Genetic variation in *Phlebiopsis gigantea* as detected with random amplified microsatellite (RAMS) markers. Mycological Research, 102, 187-192.
- Vainio, E., Lipponen, K., Hantula, J.** (2001). Persistence of a biocontrol strain of *Phlebiopsis gigantea* in conifer stumps and its effects on within-species genetic diversity. – Forest Pathology, 31, 285-295.
- Vainio, E. J., Hallaksela, A.-M., Lipponen, K., Hantula, J.** (2005). Direct analysis of ribosomal DNA in denaturing gradients: application on the effects of *Phlebiopsis gigantea* treatment on fungal communities of conifer stumps. Mycological Research, 109, 103-114.
- Varese, G. C., Gonthier, P., Nicolotti, G.** (2001). Impact of biological and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on non-target micro-organisms. Proceedings of the IUFRO Working Party 7.02.01. Quebec City, Canada, September 16-22, 2001 in 10th International Conference on Root and Butt Rots, pp. 145-154.
- Varese, G. C., Buffa, G., Luppi, A. M., Gonthier, P., Nicolotti, G., Cellerino, G. P.** (1999). Effects of biological and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on the microfungus communities of *Picea abies* stumps. Mycologia, 91 (5), 747-755.
- Varese, G. C., Gonthier, P., Nicolotti, G.** (2003). Impact of biological and chemical stump treatments against *Heterobasidion annosum* on non-target microorganisms. In: Laflamme G, Bérubé JA, Bussièrès G (eds.) Root and butt rots of forest trees. 10th International Conference on Root and Butt Rots. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service. Sainte-Foy, Quebec, Canada. pp. 145-154.
- Vasiliauskas, R., Larsson, E., Larsson, K.-H., Stenlid, J.** (2004). Persistence and long-term impact of Rotstop biological control agent on mycodiversity in *Picea abies* stumps Biological Control, 32, 295-304.
- Westlund, A., Nohrstedt, H. Ö.** (2000). Effects of stump-treatment substances for root-rot control on some ground-vegetation species and soil properties in a *Picea abies* forest in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 15, 550-560.
- Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A.** (1998). *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK, 589.